

**STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI
REDOKS UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON**

SKRIPSI

Oleh :

**ARIS KUSNUL WIDITAMA
0610930009-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI
REDOKS UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

ARIS KUSNUL WIDITAMA
0610930009-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI REDOKS
UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON

Oleh :

ARIS KUSNUL WIDITAMA

0610930009 – 93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji

Pada tanggal

dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Eng.Masruroh,S.Si.,M.Si.
NIP. 19751231 200212 2 002

Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si
NIP. 19560617198602 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo,M.Si.,PhD.
NIP. 19631227 199103 1 002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aris Kusnul Widitama

NIM : 0610930009

Penulis Tugas Akhir Berjudul :

STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI REDOKS
UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka TA ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/ referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi TA saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,.....

Yang menyatakan,

ARIS KUSNUL WIDITAMA

NIM. 0610930009

STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI REDOKS UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON

ABSTRAK

Telah dilakukan proses reduksi oksigen dari karbon hasil karbonisasi dengan metode simple heating pada suhu 600°C dan laju pemanasan 6,55°C/mnt. Hasil sebelum reduksi komposisi karbon dan oksigen menunjukkan masing-masing 90,57% dan 9,43%. Pemurnian dengan proses reduksi dilakukan dengan suhu 150°C dan 250°C dengan menggunakan gas hidrogen sebagai pereduksi oksigen. Hasil setelah proses redoks komposisi karbon menunjukkan adanya peningkatan dan didapatkan karbon optimum pada suhu 250°C yaitu sebesar 93%. Hal ini terjadi karena reaksi kimia antara oksigen dan hidrogen sebagai reduktor yang memutus ikatan oksigen dengan karbon disebabkan adanya peningkatan entropi yang terjadi pada saat proses reaksi. Kenaikan kadar karbon pada proses reduksi ini terjadi karena gas hidrogen mengikat oksigen dan membentuk ikatan H₂O.

Kata kunci: pemurnian, karbon, tempurung kelapa, reaksi reduksi

STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI REDOKS UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON

ABSTRACT

The reduction process for oxygen in the carbon content using hydrogen has been observed. The carbon was obtained from carbonization of coconut shells by simple heating method at the temperature of 600°C and heating rate of 6.55°C/min. The composition of carbon were analyzed without reduction process and after one by EDAX. The composition before reduction show the carbon and oxygen contents are 90.57 and 9.43 respectively. The reduction process was done at temperature of 150°C and 250°C. The result after reduction show the composition carbon increased 2.43% by arising the temperature. The increasing carbon with temperature can be considered due to the broken bond the CO molecule. The dissociation CO reaction can be considered due to the oxygen atom bind to hydrogen.

Key words: purification, carbon, coconut shell, reduction reaction

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan kesehatan serta hidayah-Nya sehingga tulisan yang berjudul “**STUDI PEMURNIAN KARBON BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA DENGAN METODE REAKSI REDOKS UNTUK APLIKASI BAHAN TARGET KARBON**” dapat diselesaikan dengan baik.

Dengan terselesaikannya tulisan ini, penulis banyak menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga hal ini dapat terwujud, antara lain :

1. Ibunda penulis yang tak henti-henti memberi kepercayaan, dukungan, dan doa selama masa pengerjaan skripsi yang tidak singkat.
2. Dr.Eng.Masrurroh,S.Si.,M.Si.selaku Pembimbing I yang banyak memberi ilmu-ilmu yang luar biasa.
3. Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si selaku Pembimbing II yang telah memberi bimbingan yang sangat berharga.
4. Drs. Adi Susilo,M.Si,Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika.
5. Dr.rer.nat., Abdurrouf,M.Si selaku Sekretaris Jurusan Fisika.
6. Mas Puji selaku laboran Fisika Material atas segala bentuk diskusi dan bantuannya.
7. Bapak/Ibu dosen, staf karyawan, serta laboran Jurusan Fisika.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



8. Pak Marsi dan Pak Zain yang turut serta membantu penulis menyelesaikan tugas berat ini.
9. Firman, Sigit, Ali, Syahbana, Vani dan teman-teman angkatan 2006.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca naskah ini. Penulis berharap laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca yang melaksanakan kegiatan serupa maupun pembaca pada umumnya.

Malang, Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
Penelitian ini bertujuan untuk	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1 Bahan Sumber Karbon	3
Tabel 2.1 Rata-rata biomassa dan cadangan karbon rata-rata setiap individu tanaman bambu pada berbagai tinggi tanaman	3
2.2 Bahan Karbon dari Tempurung Kelapa	4
Gambar 2.1 Bagian-bagian buah kelapa.....	5
Gambar 2.2 (a) Kelapa; (b) Interior kelapa, bagian luar merupakan tempurung kelapa, bagian dalam adalah kopra berwarna putih; (c) Hasil pencitraan SEM pada retakan permukaan tempurung kelapa (sumber: Marsh, Reinoso. 2006).	6
Tabel 2.2 Komposisi tempurung kelapa	7
Tabel 2.3 Komponen arang tempurung kelapa	7
Tabel 2.4 Komposisi abu tempurung kelapa	7
2.3 Karbon.....	8
Tabel 2.5 Sifat fisik atom karbon	8
2.4 Karbon Amorf	9
Gambar 2.3 Struktur karbon amorf (sumber: Pierson, 1993)	10
2.5 Reaksi Redoks Sebagai Pelepasan dan Pengikatan Oksigen	10
2.7 Reaksi Redoks Sebagai Pelepasan dan Pengikatan Elektron.....	11
2.5 Diagram Ellingham	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.1.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	15

3.2 Prosedur Penelitian	16
3.2.1 Pembuatan Arang	16
3.2.2 Pencucian Arang Dengan Larutan HCl.....	16
3.2.3 Karakterisasi Arang dengan SEM/EDS.....	17
3.2.4 Prosedur pemurnian karbon secara redoks	17
Gambar 3.1 Gambar setting alat.....	17
Tabel 3.1 tabel pengamatan Waktu konstan 1 jam debit gas hidrogen konstan 200mL/menit	18
3.3 Alur Penelitian	19
BAB IV PEMBAHASAN	21
4.1 Proses Reduksi Karbon.....	21
Gambar 4.1 Diagram Ellingham untuk pembentukan air.....	22
Gambar 4.2 Diagram Ellingham reaksi pembentukan CO ₂	23
4.2. Pengaruh Suhu Terhadap Penyusutan Massa Pada Proses Redoks.....	24
Gambar 4.3 grafik hubungan antara persen penyusutan dan kenaikan suhu reduksi	25
Tabel 4.1 Pertambahan suhu dan penyusutan massa.....	25
Tabel 4.2 Pengaruh variasi suhu terhadap entalpi pembentukan untuk reaksi pembentukan CO ₂ ($\Delta S^{\circ}CO_2=2,86 \times 10^{-3}$ kJ/K.mol), ($\Delta H=T \cdot \Delta S$), ($\Delta S=\Delta H/T$).....	26
Tabel 4.3 Pengaruh variasi temperature terhadap entalpi pembentukan untuk reaksi pembentukan H ₂ O ($\Delta S^{\circ}H_2O=0,0699$ kJ/ K.mol), ($\Delta H=T \cdot \Delta S$), ($\Delta S=\Delta H/T$) ...	26
4.3 Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Karbon	28
Gambar 4.4 Hasil analisis SEM EDS karbon sebelum reaksi redoks	28
Gambar 4.5 Hasil analisis SEM EDS pemurnian karbon pada suhu 150°C	29
Gambar 4.6 Hasil analisis SEM EDS pemurnian karbon pada suhu 250°C	29
Tabel 4.4 Kenaikan suhu dan komposisi karbon.....	31
BAB V	
KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33

DAFTAR PUSTAKA.....	35
Lampiran 1 Rata-rata massa karbon sesudah reaksi reduksi	37
Lampiran 2 Standar Deviasi Komposisi Karbon sebelum dan Sesudah Pemurnian Dengan Reaksi Redoks.....	38
Lampiran 3 Gambar SEM Sebelum dan Sesudah Pemurnian	39
Lampiran 4 Koto Karbon.....	47
Lampiran 5 foto instrumen	48

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karbon dapat diperoleh dari hasil karbonisasi bahan organik. sumber karbon diperoleh dari bambu sekitar 40% (Azhar, 2009), sekam padi sekitar 35% (Irawan, 2011), dan tempurung kelapa sekitar 85% (Austin, 1985). Tempurung kelapa merupakan bahan organik yang mengandung senyawa-senyawa kimia dari unsur-unsur karbon seperti selulosa, *lignin* dan *pentose* (Tibsyaroh, 2005).

Secara umum karbon didapatkan dengan pembakaran atau karbonisasi pada material-material tersebut. Terdapat beberapa jenis metode karbonisasi antara lain metode pirolisis dan metode *simple heating*. Proses *simple heating* adalah proses dekomposisi material yang mengandung senyawa karbon dengan menggunakan panas tanpa isolasi terhadap udara sehingga memungkinkan udara tercampur kedalam ke dalam proses (Rosi, 2009).

Penelitian mengenai karbonisasi dengan metode *simple heating* telah dilakukan oleh Fadli (2012). Hasil karbonisasi karbon dengan *simple heating* yang telah dimurnikan dengan HCl 1M didapatkan kadar karbon sebesar 93,07% , untuk pembuatan bahan target karbon diperlukan kemurnian karbon yang lebih tinggi dari 95%, oleh karena itu perlu dilakukan pemurnian lanjut untuk meningkatkan kadar kemurnian karbon lebih tinggi dari 95% dengan menggunakan reaksi redoks agar oksigen terpisah dari karbon.

Reaksi reduksi oksidasi (redoks) adalah suatu reaksi yang didalamnya terjadi perpindahan elektron dan reaksi yang disertai perubahan bilangan oksidasi. Reaksi redoks adalah singkatan dari reaksi reduksi-oksidasi, dimana reduksi itu adalah reaksi pelepasan oksigen, sedangkan oksidasi itu adalah pengikatan oksigen. Selvy (2010) telah melakukan pemurnian CuO menjadi Cu dengan menggunakan prinsip reaksi redoks. Pada proses pemurnian tersebut menggunakan gas hidrogen sebagai reduktor.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Selvy tersebut maka penelitian ini menggunakan prinsip reaksi redoks untuk melepaskan oksigen dari karbon dengan menggunakan gas hidrogen sebagai reduktor.

1.2 Rumusan Masalah

- 1 Bagaimana proses pemurnian karbon dari hasil proses *simple heating* dengan metode reaksi redoks?
- 2 Bagaimana pengaruh suhu reaktor terhadap proses pereduksian oksigen pada arang?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih terfokus, maka berdasarkan rumusan masalah tersebut diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- 1 Penelitian ini dilakukan dengan arang hasil *simple heating* dengan suhu 600°C dan kelajuan $6,55^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.
- 2 Suhu reaktor 150°C , dan 250°C .

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

- 1 Mempelajari proses pemurnian karbon dengan reaksi redoks.
- 2 Mempelajari pengaruh suhu reaktor terhadap kadar karbon yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya hasil penelitian yang berupa karbon amorf dengan kemurnian diatas 95% dari karbon amorf tempurung kelapa dapat dijadikan studi awal untuk penelitian tentang pembuatan bahan target karbon yang disintesis dari tempurung kelapa.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Bahan Sumber Karbon

Karbon dapat diperoleh dari bahan organik seperti bambu, sekam padi, dan tempurung kelapa. Kadar karbon biomassa tanaman bambu menunjukkan bahwa kadar karbon tertinggi terdapat pada biomassa batang, yaitu 50,68 – 54,87 % (rata-rata 53,84 %), kemudian disusul oleh kadar karbon dalam biomassa daun, yaitu 47,68 – 53,76 % (rata-rata 51,47%). Sedangkan kadar karbon ranting hanya didapat rata-rata dari biomassa tiga tanaman bambu yang mempunyai tinggi 12 m, yaitu 51,97 – 52,86 % (rata-rata 52,48 %). Hasil penelitian ini diperoleh rata-rata kadar karbon untuk biomassa tanaman bambu adalah 52,60 %. Hasil setara dengan penelitian sifat dan karakteristik biomassa bambu yang dilakukan oleh Vessia (2005) kadar karbon biomassa rata-rata diperkirakan 45 – 55%. Analisa biomassa dan cadangan karbon rata-rata setiap individu tanaman bambu pada berbagai tinggi tanaman disajikan pada Tabel 2.1. Berdasarkan Tabel 2.1 terlihat bahwa rata-rata biomassa batang, daun dan ranting pada tanaman bambu adalah sebesar 52,60%. Rata-rata biomassa dan rata-rata cadangan karbon semakin meningkat dengan bertambahnya tinggi tanaman dan umur tanaman. Rata-rata biomassa dan rata-rata cadangan karbon tertinggi setelah tanaman mencapai tinggi > 11 m atau berumur lebih dari 10 minggu (Suprihatni, 2012).

Tabel 2.1 Rata-rata biomassa dan cadangan karbon rata-rata setiap individu tanaman bambu pada berbagai tinggi tanaman

Tinggi tanaman (m)	Kadar Karbon (%)			
	Batang	Daun	Ranting	Rata-rata
1	53,81	53,76	52,48	53,79
3	54,17	52,19	52,48	53,18
5	50,68	51,29	52,48	50,99
7	54,42	51,46	52,48	52,94
9	54,49	51,97	52,48	53,23

11	54,87	47,68	52,48	51,28
12	54,41	51,95	52,48	52,95
Rata-rata	53,84	51,47	52,48	52,60

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari belahan lemma dan palea yang saling bertautan, umumnya ditemukan di areal penggilingan padi. Dari proses penggilingan padi, biasanya diperoleh sekam 20-30%, dedak 8-12%, dan beras giling 50-63,5% dari bobot awal gabah.

Sekam padi sering diartikan sebagai bahan buangan atau limbah penggilingan padi, keberadaannya cenderung meningkat yang mengalami proses penghancuran secara alami dan lambat, sehingga dapat mengganggu lingkungan juga kesehatan manusia.

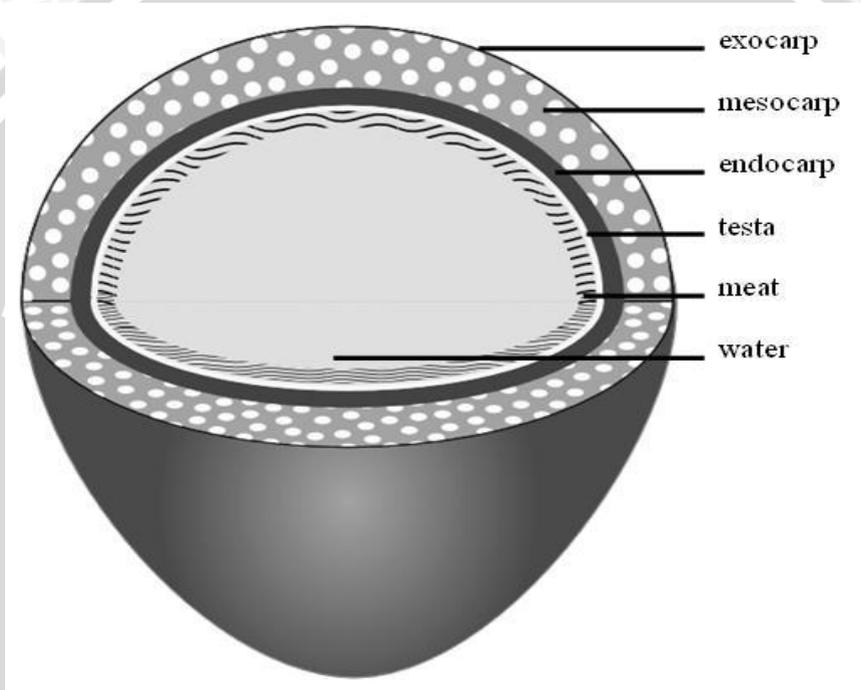
Sekam memiliki kerapatan jenis bulk density 125kg/m³, dengan nilai kalori 1kg sekam padi sebesar 3000k.kalori dan ditinjau dari komposisi kimiawi, sekam mengandung karbon 1,33%, hidrogen 1,54%, oksigen 33,645%, dan silika (SiO₂) 16,98%, artinya sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kimia dan sebagai sumber panas untuk keperluan manusia (Sipahutar, 2011).

2.2 Bahan Karbon dari Tempurung Kelapa

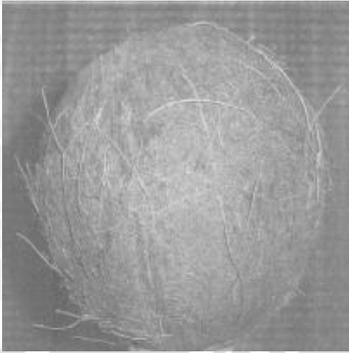
Tempurung kelapa merupakan bagian terluar dari buah kelapa yang secara ilmiah disebut *Cocos nucifera* dimana tanaman ini menjadi salah satu tanaman yang paling banyak tumbuh dan tersebar di dunia. Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang berfungsi sebagai pelindung bagian inti buah dan terletak setelah lapisan sabut kelapa. Tempurung kelapa merupakan bagian paling keras dari buah kelapa dan mempunyai ketebalan 3-5 mm. porsi berat tempurung kelapa adalah 15-19% dari berat total buah kelapa (Anshari, 2009).

Buah kelapa tersusun dari *mesokarp* berupa serat yang berlignin, disebut sabut, melindungi bagian *endokarp* yang keras

(disebut batok) dan kedap air. *Endokarp* melindungi biji yang hanya dilindungi oleh membran yang melekat pada sisi dalam *endokarp*. *Endospermium* berupa cairan yang mengandung banyak enzim, dan fasa padatnya mengendap pada dinding *endokarp* ketika buah menua, embrio kecil dan baru membesar ketika buah siap untuk berkecambah (disebut kentos).



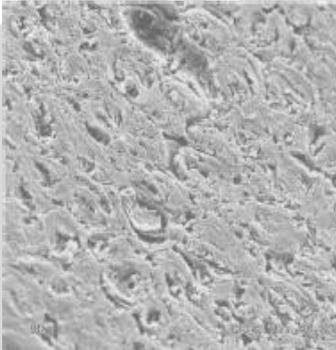
Gambar 2.1 Bagian-bagian buah kelapa



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.2 (a) Kelapa; (b) Interior kelapa, bagian luar merupakan tempurung kelapa, bagian dalam adalah kopra berwarna putih; (c) Hasil pencitraan SEM pada retakan permukaan tempurung kelapa (sumber: Marsh, Reinoso. 2006).

Tempurung merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan antara 3 mm sampai 5 mm. Sifat kerasnya disebabkan oleh banyaknya kandungan silikat (SiO_2) yang terdapat pada tempurung tersebut. Dari berat total buah kelapa, antara 15% sampai 19% merupakan berat tempurungnya. Selain itu tempurung juga banyak mengandung lignin. Sedang kandungan methoxyl dalam tempurung kelapa hampir sama dengan yang terdapat dalam kayu. Pada umumnya, nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200 kJ/kg hingga 19338,05 kJ/kg (Palungun, 1999).

Tabel 2.2 Komposisi tempurung kelapa

Komponen	Jumlah (% berat kering)
Air	8
Abu	0,6
Uronat anhidrat	3,5
Lignin	29,4
Selulosa	26,5
Hemiselulosa	27,7
Pentosa	3,15
Komponen ekstraktif	4,2
Nitrogen	0,1

(Tahrir, 1992)

Komposisi dari arang dan abu tempurung kelapa secara umum tersaji dalam Tabel 2.3 dan 2.4:

Tabel 2.3 Komponen arang tempurung kelapa

Komponen	Kadar (% berat kering)
Air	2-5
volatil	7-14
Abu	2-5
Karbon terikat	80-85

(Austin, 1985).

Tabel 2.4 Komposisi abu tempurung kelapa

Komposisi	Kadar (%)
K_2O	45,01
Na_2O	15,42
CaO	6,26
MgO	1,32
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	1,39
P_2O_5	4,64
SO_3	5,75
SiO_2	4,64

(Amu, Owokade, Shitan, 2010)

2.3 Karbon

Kata karbon berasal dari bahasa latin ‘*carbo*’ yang dalam bahasa Romawi berarti arang. Unsur karbon dalam tabel periodik dilambangkan dengan C dan mempunyai nomor atom 6 serta berelektron valensi 4. Dalam keadaan netral karbon mempunyai 6 proton dan 6 elektron. Konfigurasi elektron dari atom karbon adalah $1s^2 2s^2 2p^2$ (Pierson, 1993). Berat atom karbon adalah 12,0107 g/mol. Karbon mempunyai dua isotop di alam yaitu: ^{12}C dengan kelimpahan 98,89% dan ^{13}C dengan kelimpahan 1,11%. Isotop ^{14}C merupakan isotop dengan paruh waktu 5730 tahun, terdapat pada material kayu dan spesimen-spesimen arkeologi. Salah satu sifat karbon yang menarik adalah katenasi (*catenate*) yaitu kemampuan secara alamiah untuk melakukan ikatan dengan atom sesamanya membentuk rantai atau cincin karbon baik dengan ikatan tunggal maupun rangkap.

Tabel 2.5 Sifat fisik atom karbon

Wujud	padat (pada suhu kamar)
Bilangan oksidasi	4 dan 2
Keelektronegatifan	2,55 (skala Pauli)
Energi ionisasi	pertama: 1086,5 kJ/mol kedua: 2352,6 kJ/mol ketiga: 4620,5 kJ/mol
Jari-jari atom	70 pm
Jari-jari kovalen	77 pm
Jari-jari Van der Waals	170 pm
Sifat magnetik	Diamagnetik
Sifat sublimasi	4000 K
Panas penguapan	355,8 kJ/mol

Karbon mempunyai sifat yang tidak reaktif (*inert*) pada temperatur ruang akan tetapi cepat bereaksi dengan banyak senyawa atau unsur jika dipanaskan. Pada logam oksida, karbon akan

mereduksi senyawa tersebut menjadi logam. Karbon menunjukkan karakteristik non kristalin dalam bentuk jelaga, serta menunjukkan karakteristik kristal dalam grafit dan intan (Tibsyaroh, 2005).

Karbon mempunyai beberapa bentuk alotrop yaitu: amorf, grafit, intan, dan *fullerene*. Berdasarkan sifat kristalinnya alotrop karbon dibedakan menjadi dua macam yaitu: karbon kristalin dan karbon non kristalin. Yang termasuk dalam kelompok kristalin yaitu grafit, intan dan *fullerene*, sedangkan yang termasuk dalam kelompok non kristalin adalah karbon amorf seperti: arang (*char*) dan karbon aktif. Menurut Pierson (1993), secara umum alotrop padat karbon diklasifikasikan pada 3 katagori besar, yaitu: struktur sp^2 , struktur sp^3 dan *Fullerene*. Jenis yang termasuk dalam struktur sp^2 adalah grafit dan karbon amorf. Jenis alotrop karbon yang termasuk dalam struktur sp^3 adalah intan, dan *fullerene* merupakan alotrop karbon yang memiliki struktur seperti grafit, namun susunannya dapat berupa pentagonal, heksagonal atau heptagonal, dengan lembaran-lembaran membentuk suatu sferik, elips atau silinder. Menurut Pierson (1993) beberapa bentuk *Fullerene* yang telah ditemukan antara lain C_{38} , C_{60} , C_{70} , C_{76} , C_{78} dan C_{540} dan *Carbon Nanotube* (CNT).

2.4 Karbon Amorf

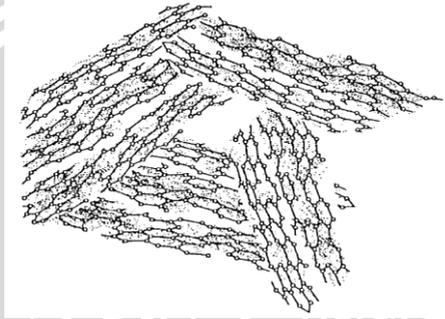
Struktur karbon amorf sama dengan grafit yaitu struktur sp^2 , tetapi pada grafit tingkat kekristalan tinggi (orde kekristalannya tinggi) sedangkan pada karbon amorf tingkat kekristalannya rendah.

Karbon amorf bersifat keras, mempunyai ketahanan abrasi, getas, dan mempunyai konduktivitas panas dan listrik yang rendah. Karbon amorf biasanya digunakan pada pantograf, current collectors and brushes untuk operasi pada flush mica commutators. Beberapa pabrik grafit, karbon amorf merupakan bagian dari proses pembuatan grafit (Pierson, 1993).

Karbon amorf terbentuk dari pembakaran tidak sempurna zat padat yang mengandung karbon atau zat cair. Zat padat yang biasanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon amorf adalah kokas migas, serbuk gergaji, linit, batu bara, gambut kayu dan arang tempurung kelapa. Struktur dan warna dari karbon yang

dihasilkan tergantung dari bahan dasar yang digunakan. Proses dasar yang digunakan dalam membuat karbon amorf adalah jenis pembakaran parsial (proses kanal, tanur minyak atau tanur gas) atau proses perengkahan atau proses termal (Austin, 1985).

Ketika karbon amorf dengan kemurnian tinggi dibutuhkan, pembentukan dapat dilakukan melalui proses pirolisis rantai hidrokarbon (Tibsyaaroh, 2005). Meskipun demikian metode simple heating dengan perlakuan khusus seperti dengan menaruh tempurung kelapa ke dalam wadah khusus tertutup rapat diharapkan akan menghasilkan tingkat kemurnian yang tinggi pula.



Gambar 2.3 Struktur karbon amorf (sumber: Pierson, 1993)

2.5 Reaksi Redoks Sebagai Pelepasan dan Pengikatan Oksigen

Reaksi reduksi merupakan reaksi pelepasan oksigen dari suatu zat. Sedang reaksi oksidasi merupakan reaksi penggabungan suatu zat dengan oksigen.

Contoh reaksi reduksi :

- Pembuatan besi murni

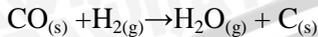


Pada proses pemurnian besi ini terjadi pengeluaran atau pengurangan oksigen dari bijih besi (Fe_2O_3) sehingga (Fe_2O_3) mengalami reduksi.

- Reduksi tembaga (II) oksida oleh gas hidrogen



Reduksi karbon monoksida dengan gas hidrogen



Contoh reaksi oksidasi :

- Perkaratan logam besi

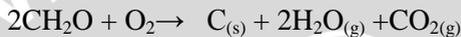


Besi bereaksi dengan oksigen sehingga dapat dikatakan besi mengalami reaksi oksidasi

- Pembakaran gas alam (CH_4)



- Pembentukan arang



2.7 Reaksi Redoks Sebagai Pelepasan dan Pengikatan Elektron

Jika ditinjau dari unsur elektron, maka reaksi reduksi merupakan proses penangkapan atau pengikatan elektron. Contoh reaksi reduksi :

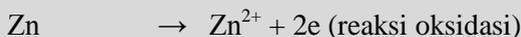


Sedangkan reaksi oksidasi merupakan reaksi pelepasan elektron.

Contoh reaksi oksidasi :



Pada reaksi diatas terlihat bahwa untuk reaksi oksidasi elektron berada di ruas kanan, sedangkan reaksi reduksi elektron berada di ruas kiri. Peristiwa melepas elektron berarti memberikan elektron kepada atom lain, sedangkan menangkap elektron berarti menerima elektron dari atom lain. Peristiwa oksidasi suatu atom akan selalu disertai dengan peristiwa reduksi atom yang lain.



Kedua reaksi diatas masing-masing baru merupakan setengah reaksi, sedangkan reaksi lengkapnya adalah :



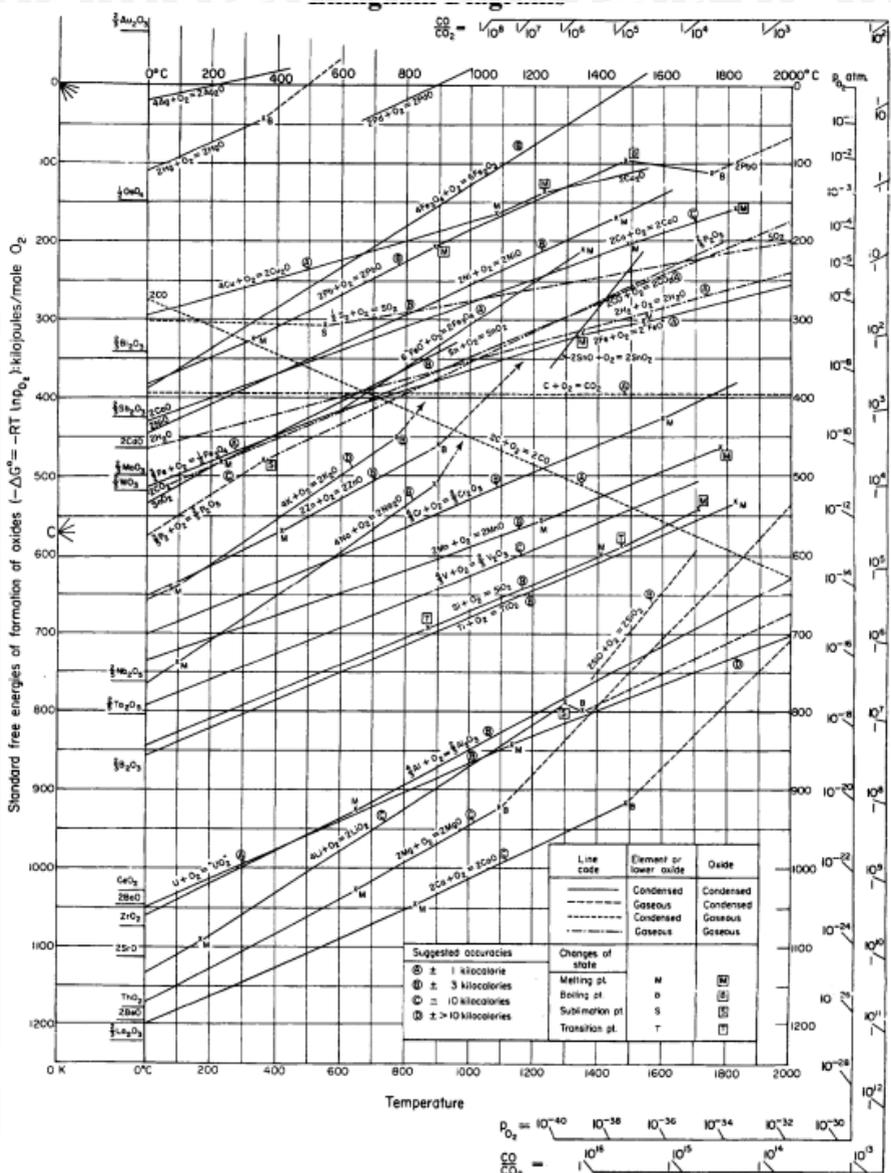
Reaksi lengkap ini disebut sebagai reaksi redoks (singkatan dari reduksi-oksidasi). Zat yang mengalami oksidasi (melepas elektron) disebut reduktor (pereduksi), sebaliknya zat yang mengalami reduksi disebut oksidator (pengoksidasi). Pada contoh diatas Zn merupakan reduktor, sedangkan Cu^{2+} adalah oksidator.

2.5 Diagram Ellingham

Energi bebas yang dimiliki oleh suatu reaksi dapat diplot kedalam suatu grafik bersama temperatur. Grafik yang memuat energi bebas versus temperatur disebut sebagai diagram ellingham seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Pada diagram ellingham, logam yang aktif secara kimia memiliki energi bebas yang paling tinggi (negatif) dalam membentuk oksida terletak pada diagram dibagian paling bawah. Sedangkan untuk logam yang memiliki energi terkecil (positif) dalam membentuk oksida terletak pada diagram dibagian paling atas. Nilai dari ΔG° untuk reaksi oksidasi merupakan ukuran afinitas kimia suatu logam terhadap oksigen. Semakin negaif nilai ΔG° suatu logam menunjukkan logam tersebut semakin stabil dalam bentuk oksida

Dari diagram Ellingham pada gambar 2.4 kita dapat mengetahui temperatur minimal yang dibutuhkan agar reaksi tersebut dapat terjadi. Hal tersebut dapat ditunjukkan oleh perpotongan antara kurva oksidasi dan reduksi.

Termodinamika hanya dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu reaksi dapat berjalan spontan ataukah tidak pada temperatur tertentu berdasarkan energi bebas yang dimiliki. Namun tidak dapat digunakan untuk menentukan laju reaksi. Perpotongan antara garis reaksi oksidasi dan reduksi secara termodinamika menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berjalan pada temperatur tertentu.



Gambar 2.4 Diagram Ellingham

Diagram Ellingham adalah plot antara ΔG dan temperatur. Besar ΔH dan ΔS adalah konstan terhadap temperatur kecuali jika ada perubahan fase, plot energi bebas dengan temperatur dapat digambarkan sebagai deret garis lurus, dimana ΔS adalah kemiringan dan ΔH adalah perpotongan sumbu y. Kemiringan dari garis dapat berubah apabila material tersebut meleleh atau menguap.

Energi bebas dari pembentukan adalah negatif untuk hampir semua logam oksida, maka pada diagram dapat digambarkan bahwa $\Delta G=0$ pada atas diagram, dan semua ΔG menunjukkan nilai negatif.

Diagram Ellingham untuk reaksi logam untuk membentuk oksida (diagram yang sama dapat digambarkan juga untuk reaksi logam dengan belerang, klorin dan lain sebagainya, tetapi untuk oksida bentuk diagramnya adalah hampir sama). Tekanan parsial oksigen adalah 1 atm, dan semua reaksi memakai satu mol O_2 . Mayoritas dari garis adalah miring keatas, karena logam dan oksida adalah dalam fase terkondensasi (padat atau cair). Maka dari itu mereaksikan gas dalam fase terkondensasi akan menghasilkan zat dengan kondisi fase terkondensasi pula tetapi dengan entropi yang berkurang, kecuali untuk oksidasi karbon padat.



Garis reaksi untuk reaksi (1) adalah reaksi dengan satu mol gas, maka akan ada sedikit perubahan entropi dan garis reaksinya hampir horizontal.



Untuk reaksi (2) adalah reaksi padat dengan gas untuk menghasilkan dua mol gas, jadi pada reaksi (2) akan ada pertambahan entropi dan kemiringan garis reaksi turun kebawah. Hal yang serupa dapat ditemukan pada garis reaksi untuk timbal dan litium, timbal dan litium dalam bentuk oksida akan memiliki titik didih sedikit lebih rendah dari daripada bentuk logam murni nya.

Maka akan ada tiga kegunaan dari diagram Ellingham yaitu adalah

1. Untuk menentukan nisbi relatif dari reaksi reduksi logam oksida ke logam.
2. Untuk menentukan tekanan parsial dari oksigen yang setimbang dengan logam oksida pada temperatur tertentu.
3. Untuk menentukan rasio dari karbon monoksida dan karbon dioksida yang mampu mereduksi oksida menjadi logam pada temperatur tertentu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2012 sampai bulan Mei 2013 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Karakterisasi komposisi dan morfologi permukaan karbon dilakukan pada bulan maret di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH) Universitas Brawijaya.

3.1.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Karbon hasil *simple heating* dengan suhu 600°C dengan laju $6,55^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.
2. Gas hidrogen (H_2).
3. Gas nitrogen (N_2).
4. HCl 1M.
5. Akuades.

Dan alat-alat yang dibutuhkan dalam studi ini adalah:

1. Furnace.
2. Reaktor redoks.
3. Termostat.
4. Flow meter hidrogen.
5. Regulator gas hidrogen.
6. Regulator gas nitrogen
7. Tabung gas hidrogen.
8. Wadah stainless steel.
9. Pompa vakum.
10. Tabung gas nitrogen.
11. Barometer McLeod
12. Penjepit logam.
13. Penyaring ukuran 100 mesh
14. Timbangan digital.
15. Blender.
16. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi sistem analisis EDS.

3.2 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan tahap-tahap sebagai berikut:

3.2.1 Pembuatan Arang

1. Bahan arang dibuat dari tempurung kelapa yang telah dibersihkan dari sabut dan kotoran lain yang menempel.
2. Tempurung yang sudah bersih kemudian dipotong-potong dengan ukuran ± 2 cm.
3. Potongan tempurung kelapa dimasukkan ke dalam wadah *stainless steel*.
4. Wadah *stainless steel* ditutup rapat dijepit dengan binder di 4 titik lalu dimasukkan ke dalam ruang tungku pemanas (*furnace*).
5. Selanjutnya hidupkan tungku pemanas, panaskan dengan suhu 120°C selama 1 jam untuk tahap pengeringan, selanjutnya untuk tahap karbonisasi potongan tempurung kelapa dimasukkan ke *furnace* lagi dan dipanaskan hingga suhu 600°C dengan laju pemanasan $6,55^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

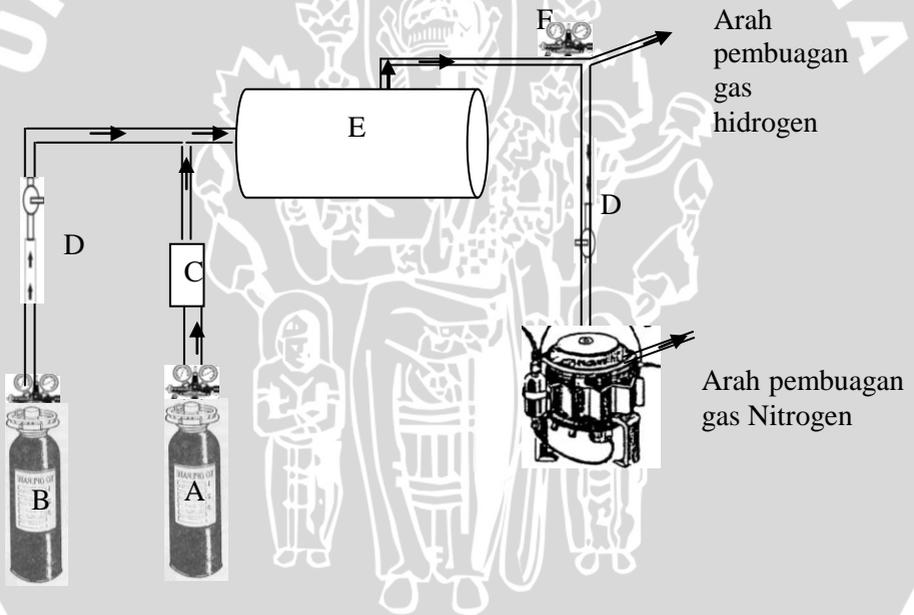
3.2.2 Pencucian Arang Dengan Larutan HCl

1. Arang diblender sampai halus.
2. Setelah itu arang disaring dengan saringan 100 mesh.
3. Serbuk arang direndam dengan 30 ml larutan HCl 1M selama 6 jam.
4. Setelah itu arang yang direndam larutan HCl 1M ditambah akuades agar pH-nya normal.
5. Penetralan pH dilakukan berulang-ulang agar pH arang benar-benar netral.
6. Setelah pH serbuk arang netral, serbuk arang yang masih bercampur akuades dikeringkan dengan dipanaskan dalam *furnace* dengan suhu 100°C selama kurang lebih 1 jam.

3.2.3 Karakterisasi Arang dengan SEM/EDS

1. Serbuk arang dibagi menjadi dua, yaitu serbuk arang yang akan dianalisis kadar karbonnya dengan menggunakan SEM/EDS dan serbuk arang yang akan dimasukkan dalam reaktor redoks.
2. Selanjutnya dilakukan analisis karakterisasi komposisi dan morfologi permukaan karbon dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) beserta analisis EDS.

3.2.4 Prosesur pemurnian karbon secara redoks



Gambar 3.1 Gambar setting alat

Keterangan gambar :

A = Tabung Gas Hidrogen (H_2)

B = Tabung Gas Nitrogen (N_2)

C = Flow meter untuk gas Hidrogen (H_2)

D = Kran vakum

E = Reaktor

F = Alat pengukur tekanan

G = Pompa

Prosedur kerja

1. Serbuk arang yang akan dimurnikan dengan reaksi redoks ditimbang terlebih dahulu.
2. Reaktor dipanaskan sampai suhu $300^{\circ}C$ atau suhu yang dituju (diatas $100^{\circ}C$).
3. Setelah mencapai temperatur target sistem di “flush” dengan gas Nitrogen (N_2) dengan tujuan untuk membuang kadar air yang masih terdapat dalam tabung reaktor

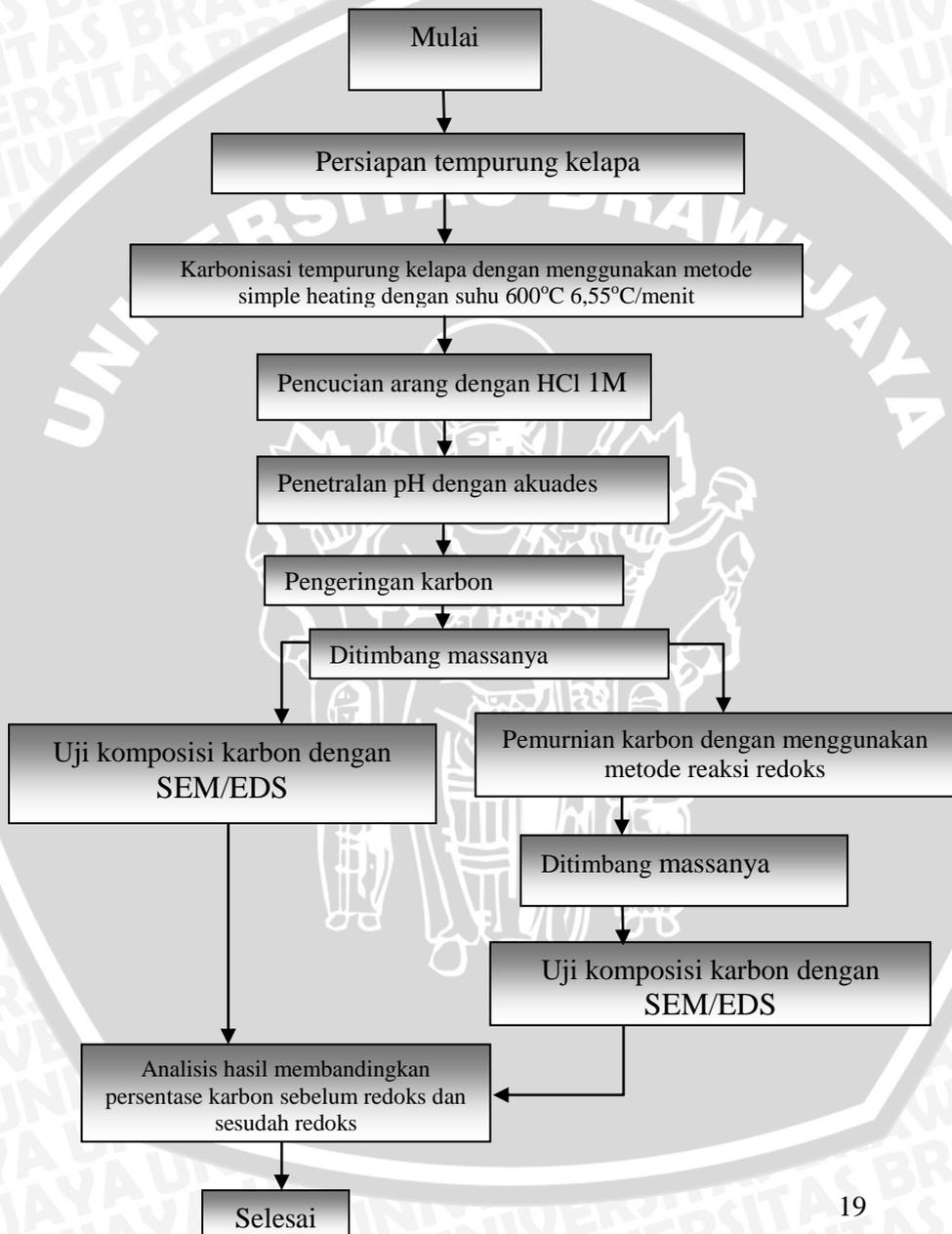
Langkah – langkah :

- a. Flowmeter pada tekanan gas hydrogen (H_2) tertutup
- b. Regulator pada gas Nitrogen (N_2) diatur pada tekanan 0,05 MPa atau 0,5 Bar
- c. Waktu flushing 15 menit
4. Setelah selesai *flushing* jalur nitrogen ditutup dan jalur gas hidrogen dibuka.
5. Pengaturan untuk gas hydrogen
 - a. Tekanan pada regulator diatur pada tekanan 0,2 MPa
 - b. Kecepatan laju aliran gas pada flow meter diatur pada 200ml/menit
 - c. Begitu gas hydrogen dialirkan, pompa vakum dimatikan

Tabel 3.1 tabel pengamatan Waktu konstan 1 jam debit gas hidrogen konstan 200mL/menit

No	Suhu redoks ($^{\circ}C$)	Massa (g)		Selisih massa karbon (g)
		Sebelum redoks	Sesudah redoks	
1	150	1,717		
2	250	1,717		

3.3 Alur Penelitian



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



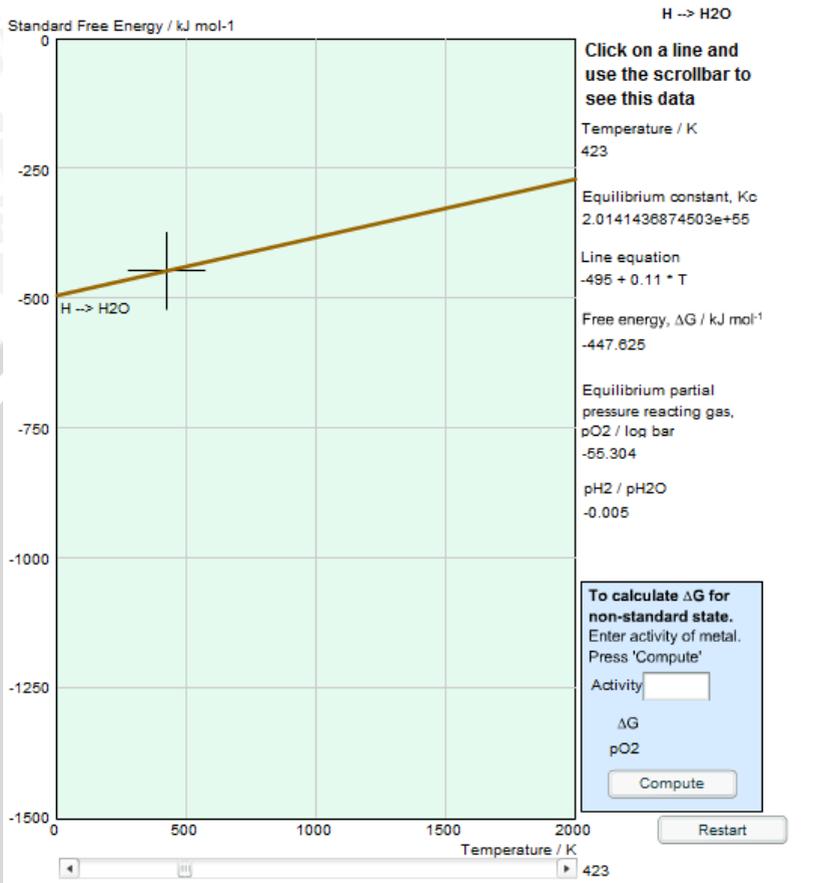
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Proses Reduksi Karbon

Rancang reaktor redoks pada penelitian ini terdiri atas lima sistem yaitu sistem vakum, sistem pemanas terkontrol, sistem gas hidrogen, sistem gas hidrogen, dan sistem reaktor. Secara keseluruhan reaktor redoks berfungsi mereduksi CO menjadi C. Untuk mereduksi CO menjadi C dibutuhkan pereduksi yaitu gas hidrogen (H_2). Penggunaan gas hidrogen sebagai bahan pereduksi karena dapat mereduksi oksigen dari karbon.

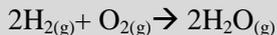
Sebelum mereduksi karbon dengan gas hidrogen perlu dilakukan *flushing*. *Flushing* dilakukan pada suhu $150^\circ C$ dan $250^\circ C$ (sesuai dengan suhu reduksi). Tujuan *flushing* adalah membersihkan udara didalam tabung reaktor dari gas CO_2 setelah karbon bereaksi dengan molekul oksigen dalam tabung reaktor akibat pemanasan tabung reaktor, *flushing* ini dilakukan dengan menggunakan gas nitrogen yang bersifat inert dan tidak mudah bereaksi dengan molekul-molekul lain. *Flushing* ini perlu dilakukan agar oksigen dalam tabung reaktor tidak mengkontaminasi sampel karbon dalam tabung reaktor. Gas nitrogen dialirkan dari tabung menuju tabung reaktor dengan tekanan 0,05Mpa dan debit gas 50mL/mnt selama 15 menit.

Proses selanjutnya adalah proses reduksi dengan gas hidrogen sebagai reduktor. Proses ini dilakukan pada suhu $150^\circ C$ dan $250^\circ C$ dengan debit 200mL/mnt selama 1 jam. Sebelum dan sesudah dilakukan proses reduksi massa sampel ditimbang untuk mengetahui dampak dari proses reduksi.

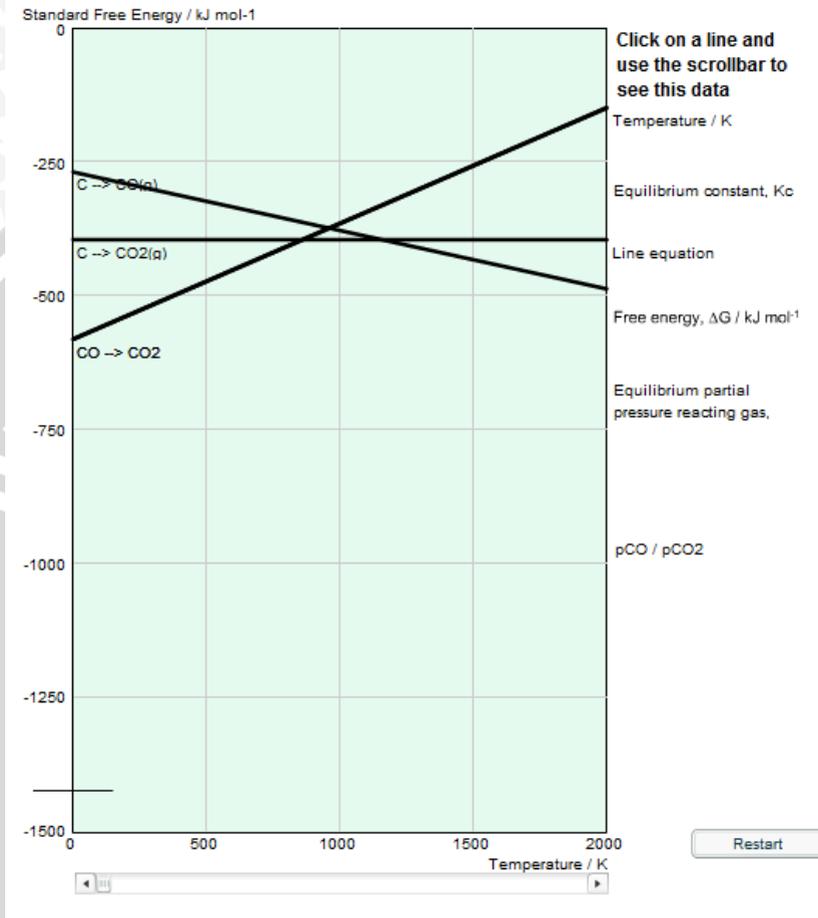


Gambar 4.1 Diagram Ellingham untuk pembentukan air (http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ellingham_diagrams/interactive.html).

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa pada reaksi pembentukan air Dengan reaksi



Dapat terjadi pada suhu 150oC dan 250oC dengan energi bebas masing-masing adalah -447,625 kJ/mol dan -436,5 kJ/mol.



Gambar 4.2 Diagram Ellingham reaksi pembentukan CO₂ (http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ellingham_diagrams/interactive.html).

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada reaksi pembentukan CO₂ dengan reaksi



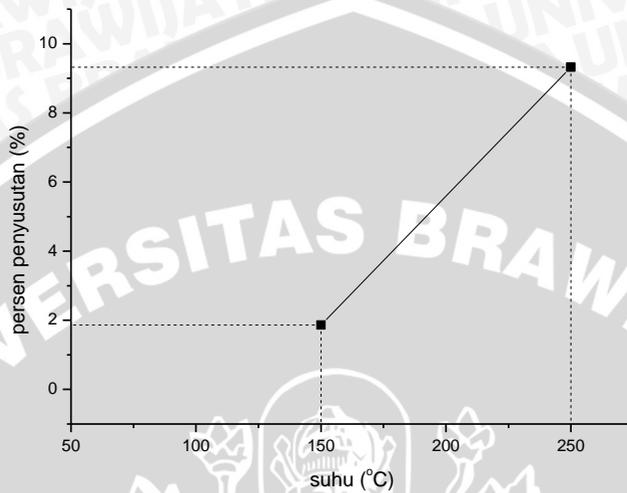
Dapat terjadi pada suhu 150°C dan suhu 250°C dengan energi bebas masing-masing -316,125 kJ/mol dan -328 kJ/mol.

42. Pengaruh Suhu Terhadap Penyusutan Massa Pada Proses Redoks

Dalam penelitian ini digunakan karbon hasil karbonasi dengan metode simple heating pada suhu 600°C dan dilakukan pemurnian dengan prinsip reaksi reduksi untuk melepaskan oksigen dari karbon. Pada proses reduksi oksigen dari karbon digunakan gas hidrogen sebagai reduktor dengan debit alir gas $200\text{mL}/\text{mnt}$, dengan lama reaksi selama 1 jam dengan suhu yang divariasi pada 150°C , dan 250°C .

Sebelum dilakukan proses reaksi reduksi terlebih dahulu massa karbon ditentukan, massa karbon sebelum diberikan perlakuan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pengurangan kadar oksigen yang ditandai secara fisik dengan berkurangnya massa karbon setelah proses redoks.

Dari data yang didapatkan terlihat jelas bahwa adanya pengaruh antara penyusutan massa dengan bertambahnya suhu reaksi reduksi. Hal ini dapat terjadi karena dengan meningkatnya suhu akan menyebabkan oksigen yang terikat dalam sampel menjadi tidak stabil dan terjadi pemutusan ikatan, sehingga saat dialiri gas hidrogen akan terbentuk ikatan antara oksigen dan hidrogen menjadi uap air.



Gambar 4.3 grafik hubungan antara persen prnyusutan dan kenaikan suhu reduksi

Tabel 4.1 Pertambahan suhu dan penyusutan massa

massa awal (g)	suhu (°C)	massa sesudah (g)	selisih massa (g)	Penyusutan	% penyusutan
1,717	150	1,685	0,032	0,019	1,86
1,717	250	1,557	0,160	0,093	9,32

Tabel 4.2 Pengaruh variasi suhu terhadap entalpi pembentukan untuk reaksi pembentukan CO₂ ($\Delta S^\circ \text{CO}_2 = 2,86 \times 10^{-3}$ kJ/K.mol), ($\Delta H = T \cdot \Delta S$), ($\Delta S = \Delta H/T$)

No	Temperatur (K)	Entalpi, ΔH (kJ/mol)	Entropi ΔS (kJ/K.mol)
1	423	90,3951	-0,929
2	473	101,0801	-0,83
3	523	111,7651	-0,751
4	573	122,4501	-0,685
5	623	133,1351	-0,63

Tabel 4.3 Pengaruh variasi temperature terhadap entalpi pembentukan untuk reaksi pembentukan H₂O ($\Delta S^\circ \text{H}_2\text{O} = 0,0699$ kJ/K.mol), ($\Delta H = T \cdot \Delta S$), ($\Delta S = \Delta H/T$)

No	Temperatur (K)	Entalpi, ΔH (kJ/mol)	Entropi (kJ/K.mol)
1	423	29,5677	-1,143
2	473	33,0627	-1,022
3	523	36,5577	-0,924
4	573	40,0527	-0,843
5	623	43,5477	-0,776

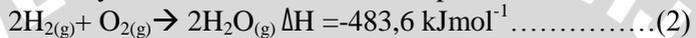
Dari grafik 4.1 dapat dilihat terjadinya penyusutan massa dimana semakin tinggi suhu maka semakin besar penyusutan massa yang terjadi, hal ini menunjukkan suhu berpengaruh terhadap proses reduksi ketika dilewati gas hidrogen, dimana semakin besar suhu maka akan berpengaruh pada ikatan oksigen dan karbon sehingga dengan mudah gas hidrogen mereduksi oksigen untuk terlepas dari karbon hal ini ditunjukkan oleh reaksi yang terjadi dalam tabung reaktor dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Tahap pertama adalah reaksi yang melibatkan dekomposisi atau penataan ulang suatu partikel tunggal. Reaksi tersebut dapat ditulis seperti persamaan:



Berdasarkan reaksi di atas terjadi pemutusan ikatan karbon dan oksigen dengan melepaskan energi sebesar -393 kJ mol^{-1} (reaksi eksoterm). Sedangkan data dari tabel 4.2 di atas memberikan informasi bahwa dengan meningkatnya temperatur entalpi reaksi semakin besar.

b. Tahap elementer kedua adalah Reaksi dua partikel yang membentuk senyawa baru dan ditulis sesuai persamaan:



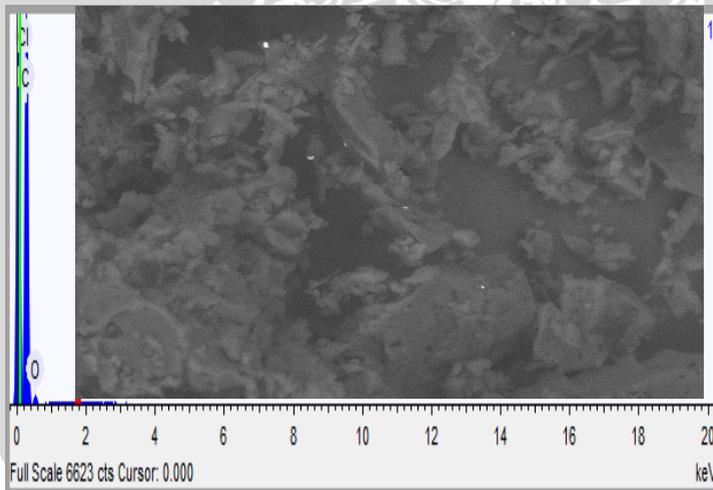
Pada tahap kedua terjadi pembentukan ikatan baru antara hidrogen (H_2) dengan oksigen O_2 sehingga menghasilkan H_2O (g), reaksi pembentukan ikatan ini melepaskan energi (reaksi eksoterm), karena reaksi redoks tersebut terjadi secara spontan menyebabkan entalpi bernilai negatif artinya reaksi terjadi pada kondisi eksoterm (melepaskan panas). Berdasarkan tabel 4.3 dapat di jelaskan bahwa semakin meningkatnya temperatur menyebabkan energi semakin meningkat.

Seperti pada reaksi (1) dan (2), menunjukkan bahwa dengan adanya variasi kenaikan suhu 150°C , dan 250°C menyebabkan entropi untuk kedua reaksi tersebut meningkat, akibat dari entropi yang meningkat menyebabkan entalpi meningkat, hal ini bila dihubungkan dengan penelitian ini maka saat entropi dan entalpi yang meningkat maka oksigen yang terdapat dalam karbon akan mempunyai kecenderungan untuk terputus dari karbon, dan saat dialiri gas hidrogen maka hidrogen akan berikatan dengan oksigen membentuk uap air. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan entropi dan entalpi reaksi yang semakin meningkat dengan adanya kenaikan suhu. Kenaikan temperatur dari suhu ruang sampai 250°C akan menghasilkan kecepatan distribusi molekul yang lebih besar di dalam ruang vakum. Peningkatan temperatur juga menghasilkan tingkat energi atom-atom di dalam molekul Oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) menjadi bertambah yang menyebabkan partikel-partikel Oksigen (O_2) dan

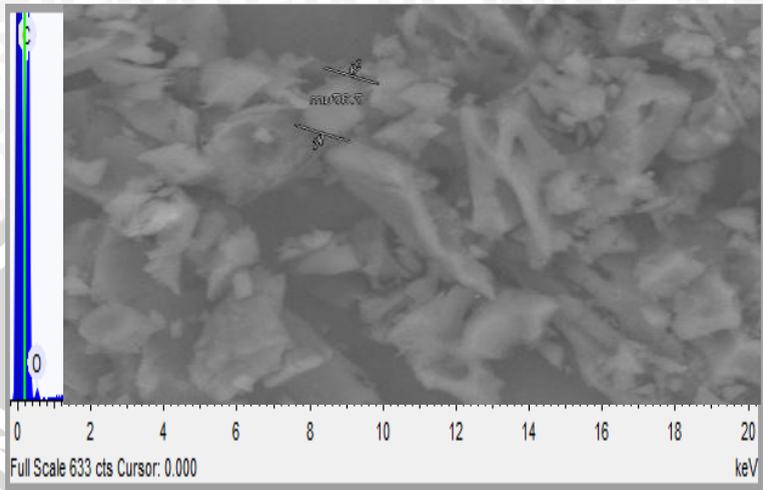
hidrogen (H_2) akan bergerak lebih cepat sehingga terjadi tumbukan antara partikel.

4.3 Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Karbon

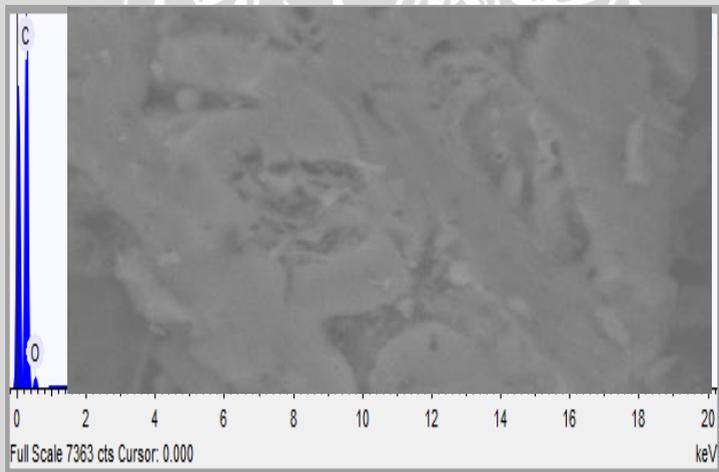
Dari hasil karakterisasi SEM EDS terlihat bahwa untuk suhu $150^\circ C$ dan suhu $250^\circ C$ dengan perbesaran $2500x$ permukaan karbon menjadi lebih rapat pori-porinya, permukaan karbon sebelum redoks berupa butir-butiran terpisah, sedangkan setelah redoks permukaan menjadi lebih rapat. Kandungan karbon sebelum mengalami reaksi reduksi sebesar $90,57\%$, pada suhu reduksi $150^\circ C$ kadar karbon sebesar $92,88\%$. Pada suhu $150^\circ C$ terjadi kenaikan kadar karbon sebesar $2,31\%$. Pada suhu $250^\circ C$ kandungan karbon sebesar $93,00\%$. Pada suhu $250^\circ C$ terjadi kenaikan komposisi karbon daripada komposisi karbon pada suhu $150^\circ C$ sebesar $0,12\%$.



Gambar 4.4 Hasil analisis SEM EDS karbon sebelum reaksi redoks



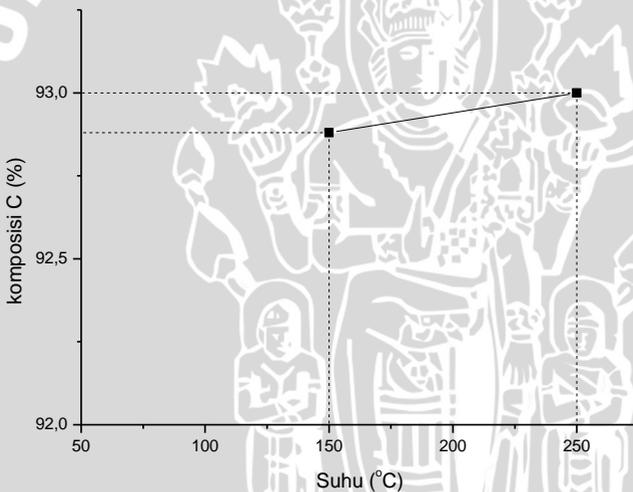
Gambar 4.5 Hasil analisis SEM EDS pemurnian karbon pada suhu 150°C



Gambar 4.6 Hasil analisis SEM EDS pemurnian karbon pada suhu 250°C

Dari gambar permukaan sampel karbon diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada sampel karbon sebelum mengalami reaksi redoks dan sesudah mengalami reaksi redoks, pada permukaan sampel sebelum mengalami reaksi redoks masih berbentuk butiran-butiran yang terpisah, sedangkan pada sampel karbon sesudah mengalami reaksi redoks permukaannya terlihat lebih rapat. Semakin tinggi suhu reaksi redoks maka akan didapat permukaan karbon yang lebih rapat, hal ini dapat dilihat pada permukaan sampel pada suhu 250°C terlihat lebih rapat daripada sampel pada suhu reaksi 150°C.

Pada reaksi diatas terjadi penggabungan ikatan karbon dan oksigen yang membutuhkan energi. Pada reaksi ini nilai entalpinya adalah negatif yang berarti reaksi tersebut adalah reaksi eksoterm.



Gambar 4.7 grafik hubungan komposisi karbon dan kenaikan suhu

Tabel 4.4 Kenaikan suhu dan komposisi karbon

No	Suhu (°C)	Komposisi karbon (%)
1	25	90,57
2	150	92,88
3	250	93

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa suhu reduksi berpengaruh pada komposisi karbon. Pada suhu kamar (25°C) yang mana karbon sebelum mengalami reaksi redoks didapatkan kadar karbon sebesar 90,57%, pada suhu reaksi 150°C didapat kadar karbon sebesar 92,88% dan pada suhu reaksi 250°C didapat kadar karbon sebesar 93%

Hal ini menunjukkan suhu berpengaruh terhadap proses reduksi ketika direaksikan dengan gas hidrogen, dimana semakin besar suhu maka akan berpengaruh pada ikatan oksigen dan karbon sehingga dengan mudah gas hidrogen mereduksi oksigen untuk terlepas dari karbon.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

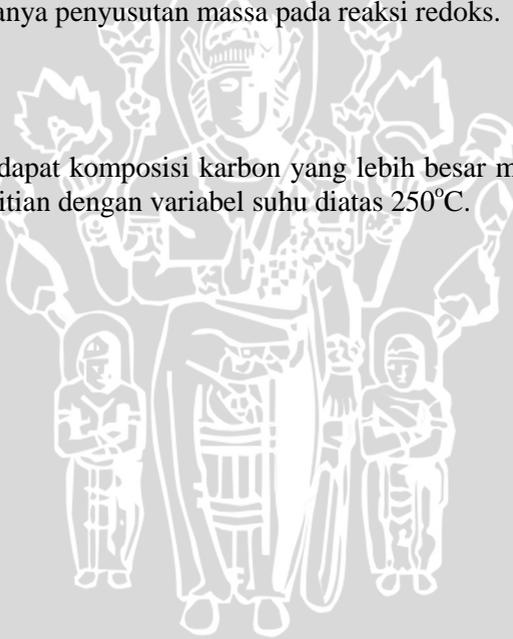
5.1 Kesimpulan

Proses pemurnian karbon dapat dilakukan dengan reaksi redoks karena terbukti menaikkan komposisi karbon dan mengurangi kadar oksigen pada sampel.

Dari proses redoks menunjukkan bahwa suhu berpengaruh terhadap proses reaksi redoks dimana pada pengamatan terlihat ada kenaikan kadar karbon diantara sebelum reduksi dan suhu 150°C sebesar 2,31%, dan diantara suhu 150°C dan 250°C sebesar 0,12%, serta terlihat adanya penyusutan massa pada reaksi redoks.

5.2 Saran

Agar didapat komposisi karbon yang lebih besar maka perlu dilakukan penelitian dengan variabel suhu diatas 250°C .



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Anshri, Dedi. 2009. *Impregnasi Asap Cair Tempurung Kelapa, Poliester Tak Jenuh Yukalac 157 Bqtn-ex dan Tuloena diisositrat Terhadap Kayu Kelapa Sawit*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Austin, 1985. *Chemical Process Industri*. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Azhar. Rustamaji, Heri. *Bahan Bakar Padat dari Biomassa Bambu dengan Proses Torefaksi dan Denfikasi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung , Bandar Lampung
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass gasification and Pyrolysis, Practical Design and Theory*. Elsevier Burlington USA.
- Borman, G.L. Ragland, K.W. 1998. *Combustion Engineering*, McGrawHill Publishing Co, New York.
- Cheremisinoff; Morresi. 1978. *Carbon Adsorption Applications, Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publishers, Inc, Michigan.
- Irawan, Anton. *Pengaruh Jenis Binder Terhadap Komposisi dan Kandungan Energi Biobriket Sekam Padi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Tirtayasa. Cilegon.
- Konuma, M. (1992). *Film Deposition by Plasma Techniques*. Berlin, Heidelberg, New York, London, paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Baudapest: Springer-Verlag.
- Loo. Sjaak V. Jaap Koppejan. 2008. *The Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing*. Earthscan. London
- Marsh, Harry. Francisco R.Reinoso. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and Technology Books.
- Marsh, Harry. Francisco R.Reinoso. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and Technology Books.
- Mulyani, Selvy. 2010. *Perancangan Reaktor Redoks untuk Mereduksi CuO menjadi Cu dengan pereduksi gas H₂*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Oohira, Kouya. 2009. *Characteristics and Applications of DLC films*. Technical Review No.77.

- Pierson, H.O, 1993. *Handbook of Carbon, Grphite, Diamond and Fullerenes Properties Processing and Application*. Noyes Publication. Albuquerque.
- Robiandi, Fadli. 2012. *Studi Awal Sintesis Karbon dari Tempurung Kelapa sebagai Bahan Target Untuk Pembuatan Diamond-Like Carbon (DLC) Film*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Rosi, memoria. Dkk. 2009. *Sintesis Nanopori Karbon dari Tempurung Kelapa sebagai Elektroda pada Superkapasitor*. J Nano Saintek. Edisi khusus Agustus,26.
- Sipahutar, Dorlan. 2011. *Teknologi Briket Sekam Padi*. Balai Pengkaji Teknologi (BPTP), Pekanbaru.
- Suprihatno, B., Hamidy, R., Amin, B. 2012. *Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon Tanaman Bambu Belangke (Gigantochloa pruriens)*. Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Riau, riau.
- Suyitno. Tri Istanto. 2005. *Simulasi CFD Pembakaran Non-Premixed Serbuk Biomass Kayu Jati*. Jurusan Teknik Mesin UNS.
- Tibsyaroh, Roya. 2005. *Studi Sintesis dan Analisis Konduktivitas Silikon Karbida (SiC) dari Bahan Dasar Sekam Padi dan Tempurung Kelapa*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Vessia, O. 2005. *Biofuels from Lignocellulosic Material*. Faculty of Information Technology, Mathematics and Electrical Engineering Department of Electrical Engineering. NTNU, Norwegian University of Science and Technology. Trondheim-Norwegian.

Lampiran 1 Rata-rata massa karbon sesudah reaksi reduksi

Suhu 150

Sampel	massa sebelum (gr)	massa sesudah (gr)	Rata-rata
1	1,717	1,685	1,685
2	1,717	1,684	
3	1,717	1,685	

Suhu 250

Sampel	Massa sebelum (gr)	Massa sesudah (gr)	Rata-rata
1	1,717	1,557	1,557
2	1,717	1,557	
3	1,717	1,556	

Lampiran 2 Standar Deviasi Komposisi Karbon sebelum dan Sesudah Pemurnian Dengan Reaksi Redoks

Sebelum redoks

No	Spectrum	X (%)	Rata-rata C (%)	$(x-\bar{x})^2$	s
1	Spectrum 6	90,89	90,59	0,09	0,26
2	Spectrum 7	90,44	90,59	0,02	
3	Spectrum 1	90,44	90,59	0,02	
	Σ			0,13	

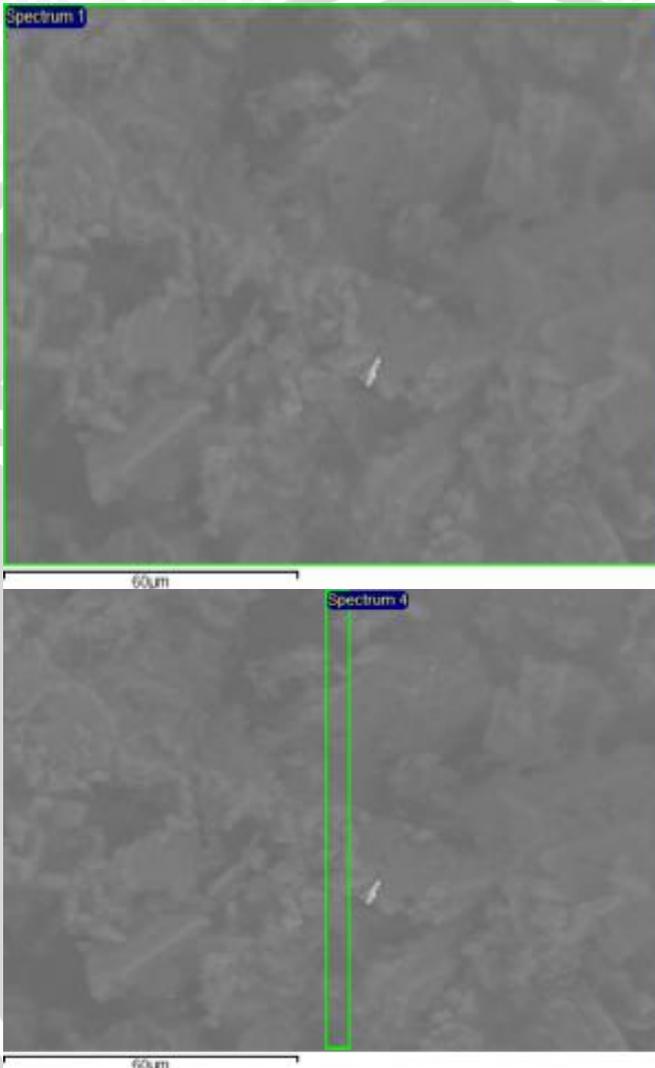
Redoks 150°C

No	Spectrum	X (%)	Rata-rata C (%)	$(x-\bar{x})^2$	s
1	Spectrum 4	92,91	92,88	0,009	0,04
2	Spectrum 6	92,91	92,88	0,009	
3	Spectrum 2	92,84	92,88	0,0016	
	Σ			0,0196	

Redoks 250°C

No	Spectrum	X (%)	Rata-rata C (%)	$(x-\bar{x})^2$	s
1	Spectrum 6	92,49	93	0,2601	0,79
2	Spectrum 7	93	93	0	
3	Spectrum 1	94,04	93	1,0816	
	Σ			1,3417	

Lampiran 3 Gambar SEM Sebelum dan Sesudah Pemurnian



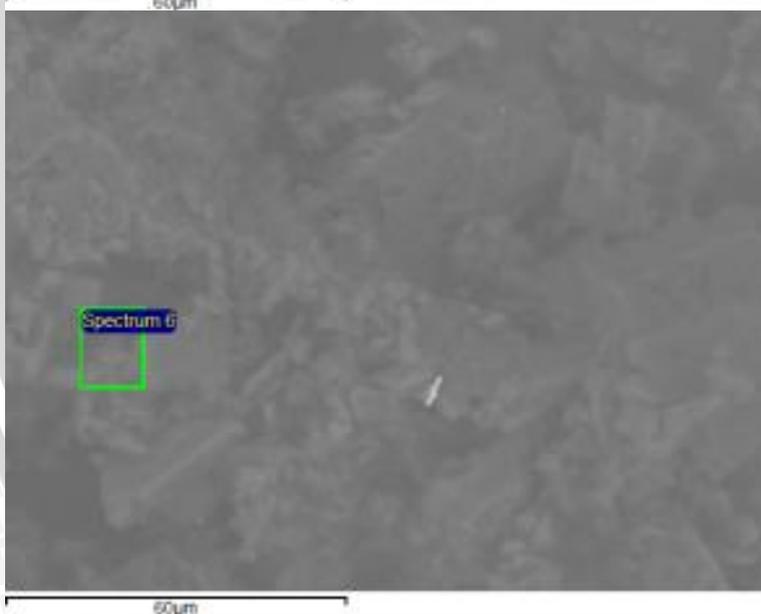
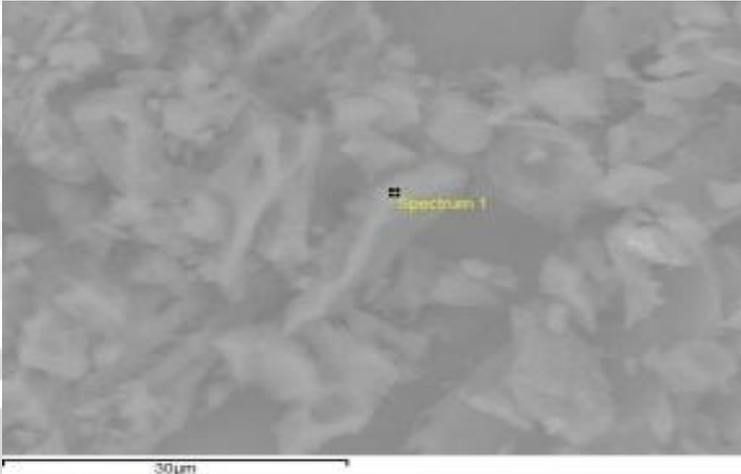




Foto SEM permukaan karbon sebelum pemurnian





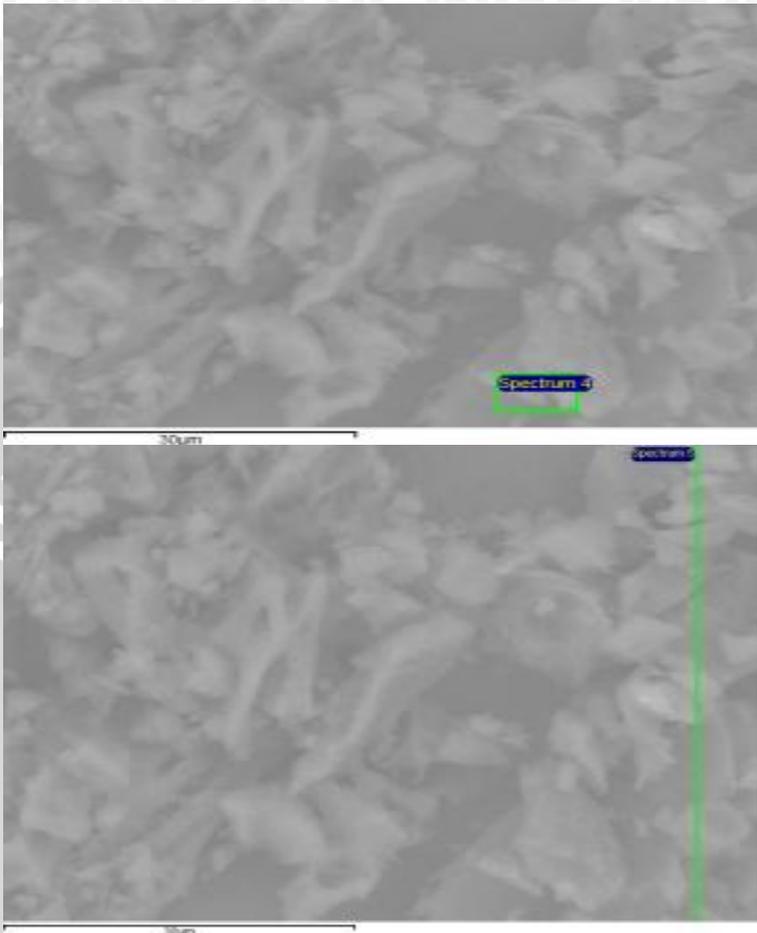
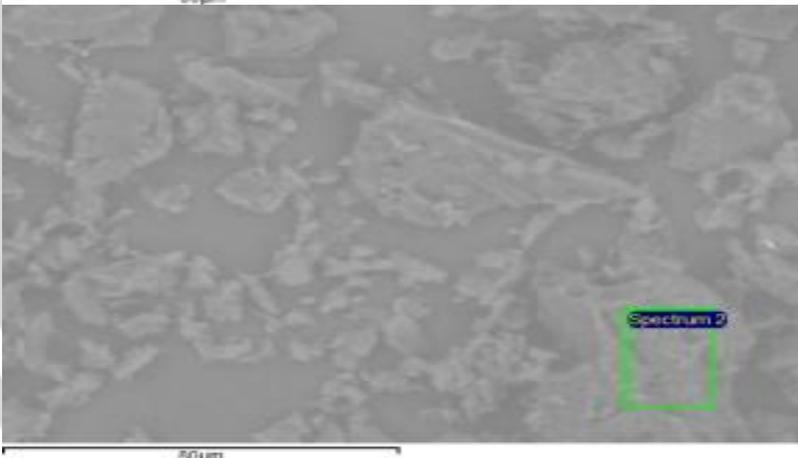
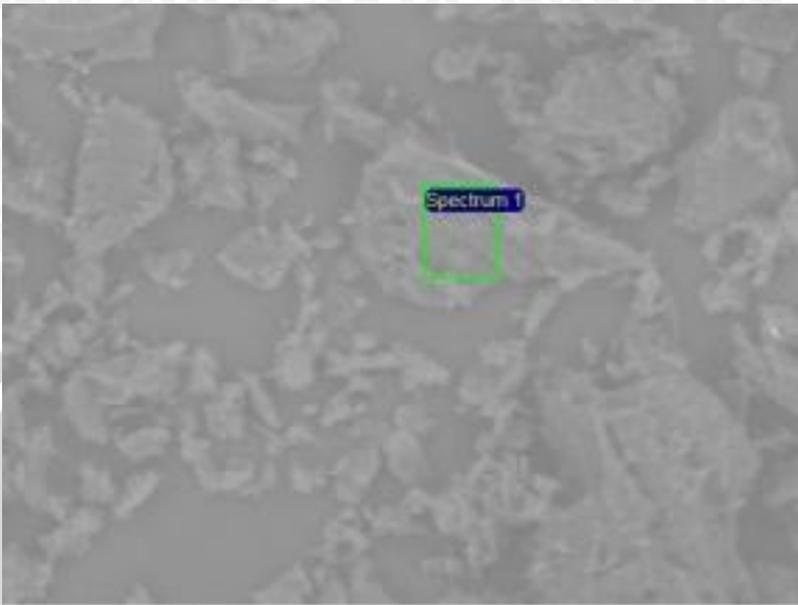
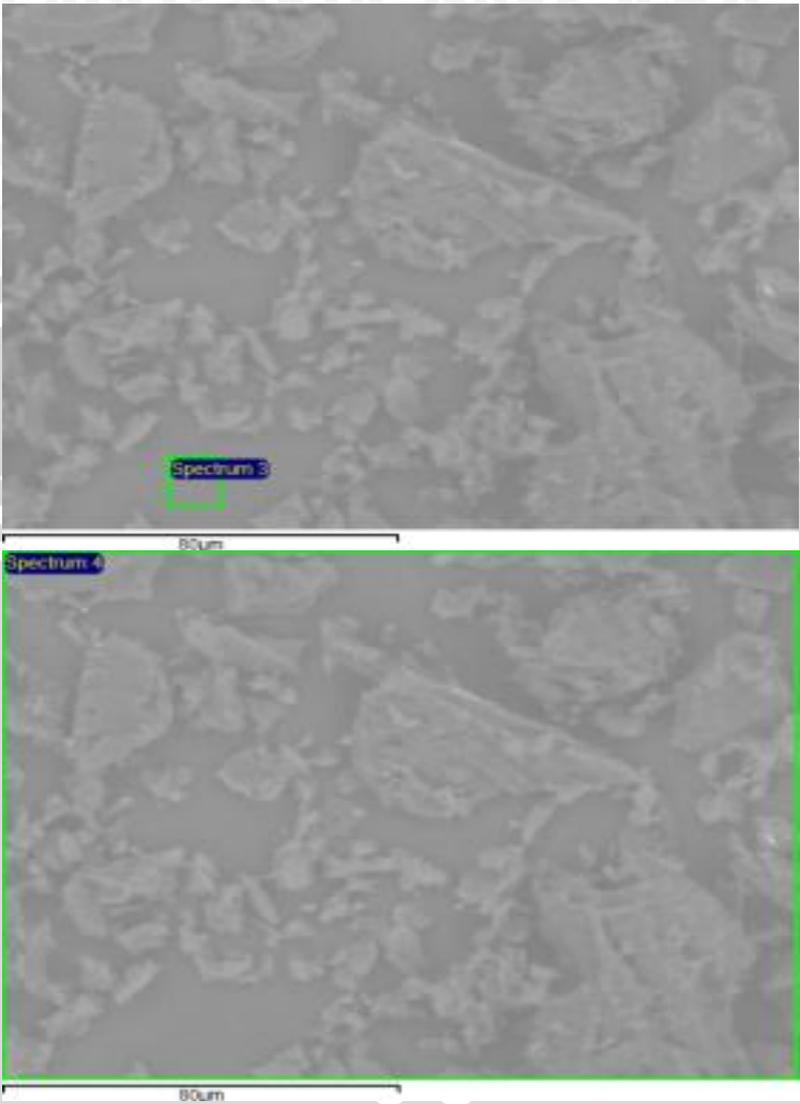


Foto permukaan SEM karbon hasil reaksi redoks pada suhu 150°C





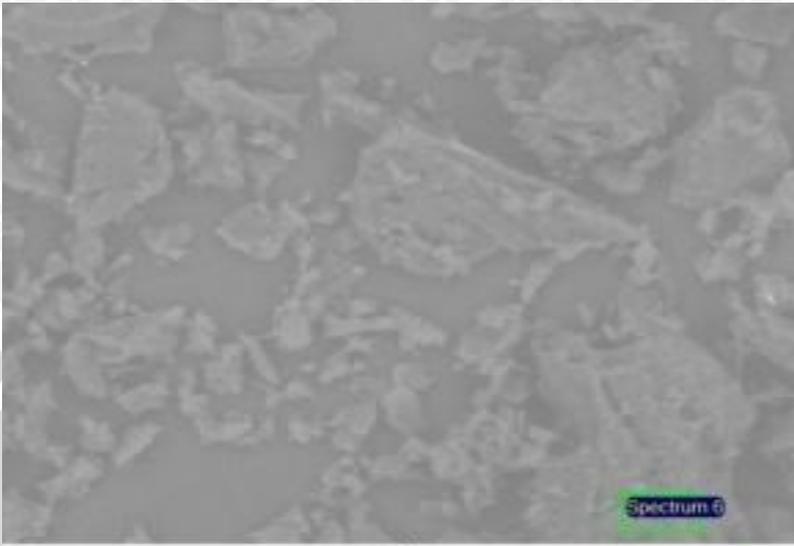


Foto permukaan SEM karbon hasil reaksi redoks pada suhu 250°C



Lampira 4 Koto Karbon

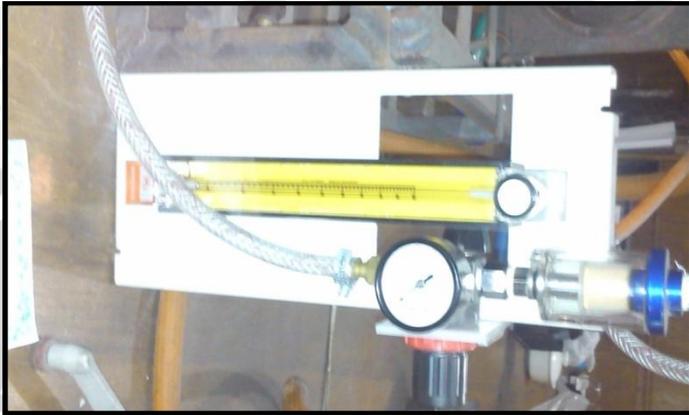


Karbon hasil pemurnian redoks suhu 150°C



Karbon hasil pemurnian redoks suhu 250°C

Lampiran 5 foto instrumen



Gambar Flowmeter gas Hidrogen



Gambar Pompa vakum



Gambar penampang reaktor redoks



Gambar *Furnace* karbonisasi



Gambar Tabung gas hidrogen



Gambar tabung gas nitrogen





Gambar tabung reaktor redoks

